

## Chapitre 4

### Conséquences de la pollution de l'air extérieur pour la croissance économique

*Ce chapitre présente les résultats des simulations numériques effectuées à l'aide du modèle ENV-Linkages sur les coûts macroéconomiques de la pollution de l'air extérieur. Il commence par exposer les résultats relatifs à chaque impact, pris isolément, examiné dans le rapport, puis fournit une illustration des impacts considérés dans leur ensemble. Ce chapitre est principalement axé sur les impacts marchands et les coûts macroéconomiques, mais il aborde également les conséquences régionales et sectorielles. Les résultats englobent aussi bien les impacts marchands directs, liés par exemple aux rendements agricoles, que les impacts indirects concernant par exemple l'évolution des flux commerciaux internationaux sous l'effet des modifications régionales des rendements agricoles.*

## 4.1. Conséquences économiques d'impacts marchands particuliers

Les impacts marchands décrits au chapitre 3 sont intégrés dans le modèle économique ENV-Linkages afin d'évaluer leur incidence sur l'activité économique des différents secteurs, agents et régions. Chaque impact est associé à une fonction économique précise du système économique : les pertes de productivité du travail découlent des jours de travail perdus ; l'augmentation des dépenses de santé publique, tant au niveau des pouvoirs publics que des ménages, découlent de la dégradation de la santé des individus associée à une hausse de la pollution ; enfin des baisses de productivités du secteur agricole découlent de la détérioration des rendements agricoles. Les conséquences économiques sont évaluées pour la période 2015-60.

### 4.1.1. Conséquences des impacts sur la productivité du travail

Les jours de travail perdus, pour des raisons de santé associées à la pollution atmosphérique, ont des effets directs sur le marché du travail dans la mesure où ils réduisent la productivité de la main-d'œuvre et, par conséquent, sa contribution au produit intérieur brut (PIB). Les effets exercés sur l'offre de travail, dus aux décès, ne sont pas pris en compte dans la projection centrale ; ils sont toutefois examinés dans une spécification différente présentée à la section 4.3. Le graphique 4.1A reporte les modifications de PIB par région (exprimée par l'écart par rapport à la projection hors rétroactions) en 2060, décomposées en fonction : (i) de l'effet direct sur la main-d'œuvre (choc de productivité), (ii) des effets indirects découlant des ajustements sur les marchés du travail (effets sur les salaires et sur les réallocations sectorielle de la main-d'œuvre), (iii) d'un effet sur les marchés financiers (par suite de l'ajustement de l'accumulation de capital à l'épargne des ménages), et (iv) de l'évolution d'autres composantes du PIB (notamment la modification des recettes fiscales et de la valeur ajoutée provenant des terres et des ressources naturelles). Le choc de productivité direct peut être considéré comme mesurant les coûts directs de l'impact marchand, tandis que les autres éléments pris ensemble comprennent les coûts marchands indirects.

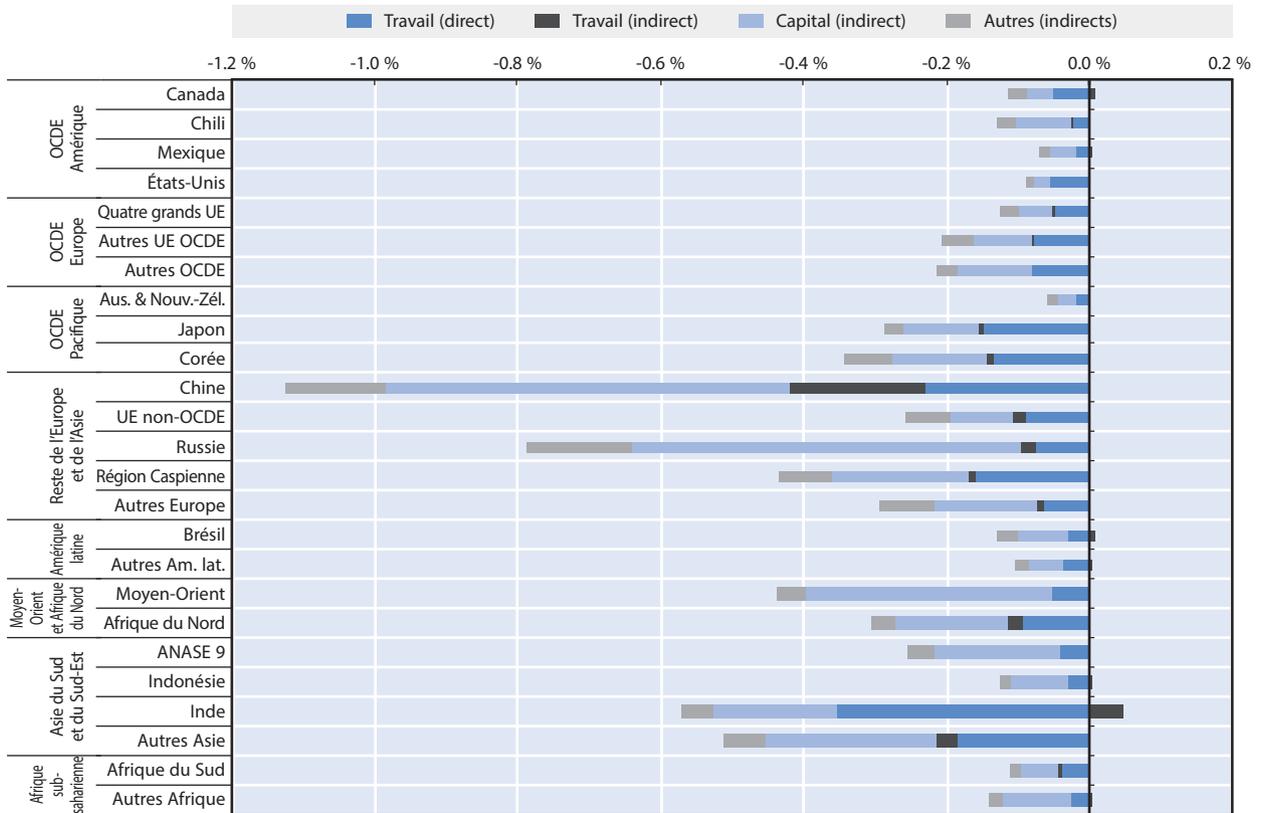
L'effet direct des impacts sur la productivité du travail est négatif dans toutes les régions : la pollution atmosphérique abaisse la production par travailleur, ce qui ralentit la croissance économique. Le PIB mondial en 2016 est inférieur de 0.1 % au niveau projeté dans le cas d'une absence d'effets de rétroaction de la pollution de l'air extérieur sur l'économie. Or ce choc de productivité entraîne des ajustements dans toute l'économie (composantes ii à iv), et provoque une perte de PIB mondial de 0.4 % en 2060. À titre d'exemple, une partie de la main-d'œuvre se déplace des secteurs qui peuvent compenser la moindre efficacité du travail par un recours plus intense au capital vers des secteurs où le choc de productivité nécessite l'emploi d'un plus grand nombre de personnes. La structure de la demande s'ajuste aussi à l'évolution des coûts de production dans les différents secteurs. Le ralentissement de l'activité économique a toutefois également un effet négatif sur la valeur ajoutée totale du travail. Dans la mesure où le choc de productivité s'applique à tous les secteurs de l'économie, il n'est guère possible d'atténuer ce choc en redéployant la main-d'œuvre entre les secteurs. Dans l'ensemble, l'effet indirect sur la rémunération du travail en proportion du PIB est négatif dans la plupart des régions, mais moins marqué que l'effet direct (moins de 0.1 % à l'échelle mondiale, encore que le ratio entre l'effet direct et l'effet indirect diffère selon les régions)<sup>1</sup>.

L'effet sur le stock de capital physique est négatif et s'accroît au cours du temps. Les ménages réagissent à la baisse des revenus salariaux imputable aux impacts de la pollution en réduisant leurs dépenses et leur épargne, de sorte que les capitaux pouvant être investis

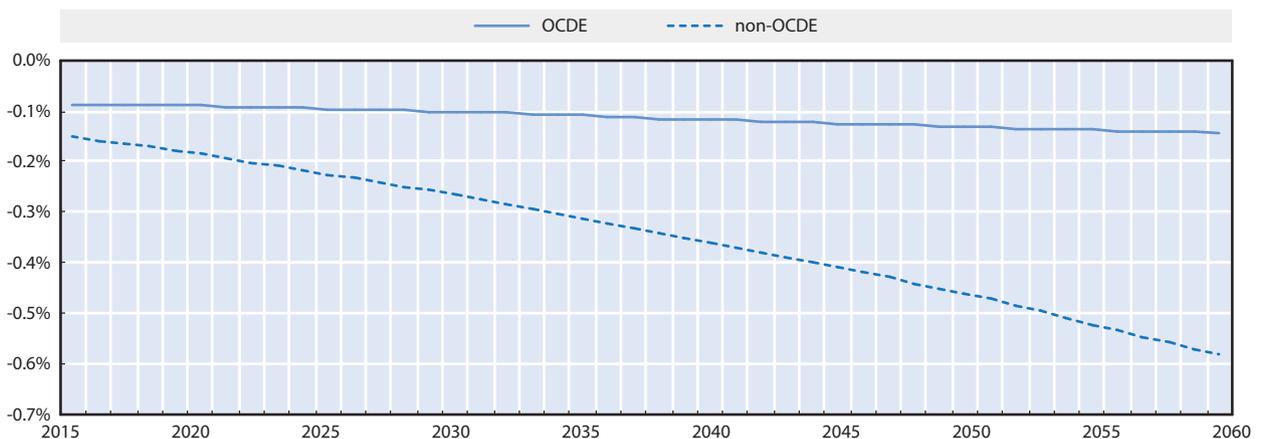
diminuent et que l'accumulation de capital se ralentit<sup>2</sup>. L'effet négatif sur le capital est donc particulièrement important dans les régions où la perte de revenus engendrée par le choc de productivité du travail est marquée, comme en République populaire de Chine (« la Chine » dans la suite du document), qui affiche une perte du PIB de plus de 1%. Il est

Graphique 4.1. **Évolution du PIB due aux impacts sur la productivité du travail, projection centrale**  
Variation en pourcentage par rapport à la projection hors rétroactions

**A. Variations du PIB par facteur de production, 2060**



**B. Variations du PIB dans le temps**



StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933406538>

Source : Modèle ENV-Linkages.

intéressant de noter que l'effet sur le capital est beaucoup plus faible en Inde, même si ce pays, comme la Chine, devra selon les projections enregistrer de très fortes augmentations des concentrations et d'importantes réductions de la productivité du travail. La principale différence entre les deux régions tient au fait que la propension marginale à épargner (et l'intensité en capital de la production) est actuellement beaucoup plus faible en Inde qu'en Chine. La baisse des revenus amènera donc les ménages indiens à essentiellement réduire leur consommation tandis qu'elle aura un effet plus marqué sur l'épargne en Chine. Au cours des décennies qui suivent, durant lesquelles les taux d'épargne devraient augmenter en Inde, cette dernière sera dans une position plus favorable parce que ses pertes de revenus en capital auront été initialement relativement minimales.

Les projections de la contraction du PIB établies pour les pays de l'OCDE à l'horizon 2060 sont nettement plus faibles que celles calculées pour les grands pays émergents. Les effets les plus marqués devraient être enregistrés par la Corée et par le Japon. Les projections indiquent de fortes concentrations d'ozone en particulier pour la Corée, qui sont presque aussi élevées qu'en Chine et en Inde. Les concentrations moyennes de  $PM_{2.5}$  (qui ont le plus d'impact sur la productivité du travail) en Corée et au Japon sont, en 2060, nettement plus faibles que dans de nombreux pays non membres de l'OCDE, mais plus fortes que dans les autres pays de l'OCDE. De plus fortes concentrations se traduisent par un nombre de jours de travail perdus plus élevé et ont, par conséquent un impact plus marqué sur la productivité du travail. Toutefois, comme le montre le graphique 4.1B, les différences entre les régions de l'OCDE et les autres régions s'accroissent au cours des décennies à venir. Les pertes de PIB les plus importantes observées au cours des décennies ultérieures dans les économies non membres de l'OCDE résultent essentiellement de la croissance économique telle qu'elle ressort des projections et des augmentations correspondantes des émissions et des concentrations de polluants atmosphériques.

#### ***4.1.2. Conséquences des impacts sur les dépenses de santé***

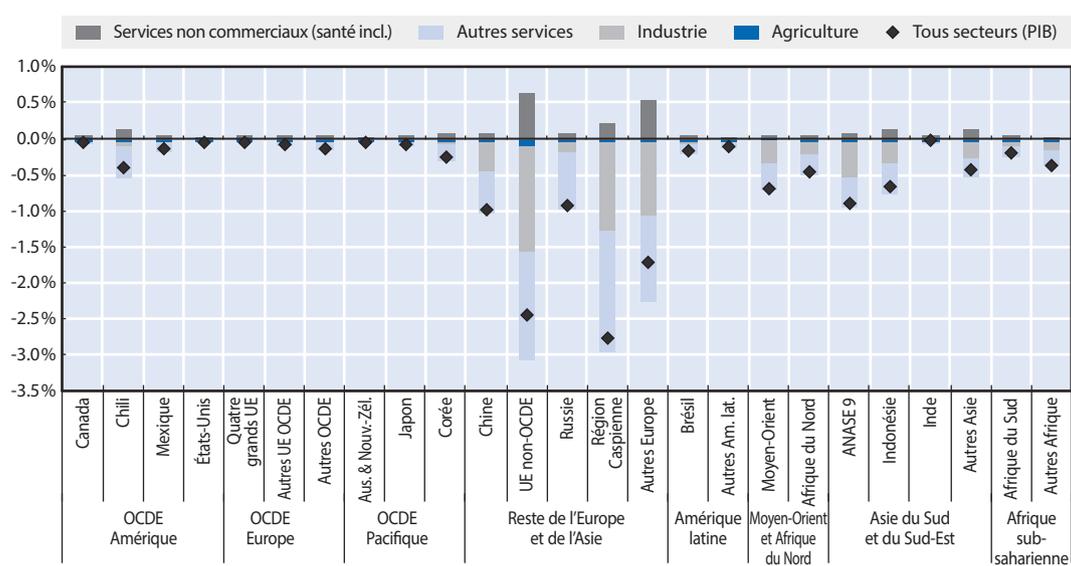
Les impacts de la pollution atmosphérique sur les dépenses de santé n'entrent pas dans la même catégorie que les chocs de productivité de l'agriculture et de la main-d'œuvre. Les pouvoirs publics et les ménages sont contraints d'assumer cette dépense, c'est-à-dire une dépense qui est motivée par les impacts de la pollution de l'air extérieur sur la santé publique et non par un souci de maximisation du bien-être, et qui provoque une réduction des autres dépenses, de sorte qu'elle a un effet sur la demande et non sur la productivité<sup>3</sup>. Il existe deux manières de faire face à ce type de choc sur la demande : soit réduire les dépenses des autres biens et services (effet d'éviction), soit accroître le montant total des dépenses (effet d'expansion). Étant donné que les revenus ne sont pas illimités, l'effet d'expansion signifie que les ménages devront en contrepartie puiser dans leur épargne et que les administrations publiques devront trouver le moyen de financer cette expansion, par exemple en élevant les impôts. Les deux mécanismes interviennent dans la projection centrale. Les ménages déterminent la combinaison de réduction de leur consommation d'autres biens et services et de réduction de leur épargne qui leur coûte le moins ; les pouvoirs publics ne réduisent pas la fourniture d'autres biens et services publics, mais financent les dépenses de santé supplémentaires en alourdissant les impôts sur la main-d'œuvre (qui sont la variable de remplacement des paiements au titre de la protection sociale comme l'indiquent, par exemple, Vrontisi et al., 2016). La section 4.3 présente une spécification différente qui ne donne pas lieu à un effet d'expansion.

Comme le montre le graphique 4.2, les plus fortes modifications des dépenses de santé (et de la consommation des « services collectifs », dont la santé fait partie) indiquées par les projections sont observées pour la région Reste de l'Europe et de l'Asie, qui comprend la Chine, la Russie, la Région Caspienne et la majeure partie de l'Europe de l'Est non-OCDE

(notamment l'Ukraine)<sup>4</sup>. Les régions caspienne et européenne de ce groupe (UE non-OCDE et Autre Europe) affichent une hausse particulièrement forte des dépenses de santé liées à la pollution par rapport aux autres régions. En outre, la part des dépenses de santé dans les dépenses totales considérée est plus faible pour ces pays que pour ceux de l'OCDE. Aussi les variations relatives aux dépenses de santé supplémentaires sont-elles accentuées étant donné que le pourcentage d'augmentation des dépenses de santé est plus élevé, pour un choc donné. Globalement, cela contribue (i) à une augmentation considérable des dépenses dans le secteur des services collectifs et, simultanément, (ii) à une forte réduction de la consommation d'autres biens et services (voir les barres correspondantes au graphique 4.2).

Graphique 4.2. Évolution de la valeur ajoutée et du PIB due aux impacts sur les dépenses de santé, projection centrale

Variation en pourcentage par rapport à la projection hors rétroactions, 2060



StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933406541>

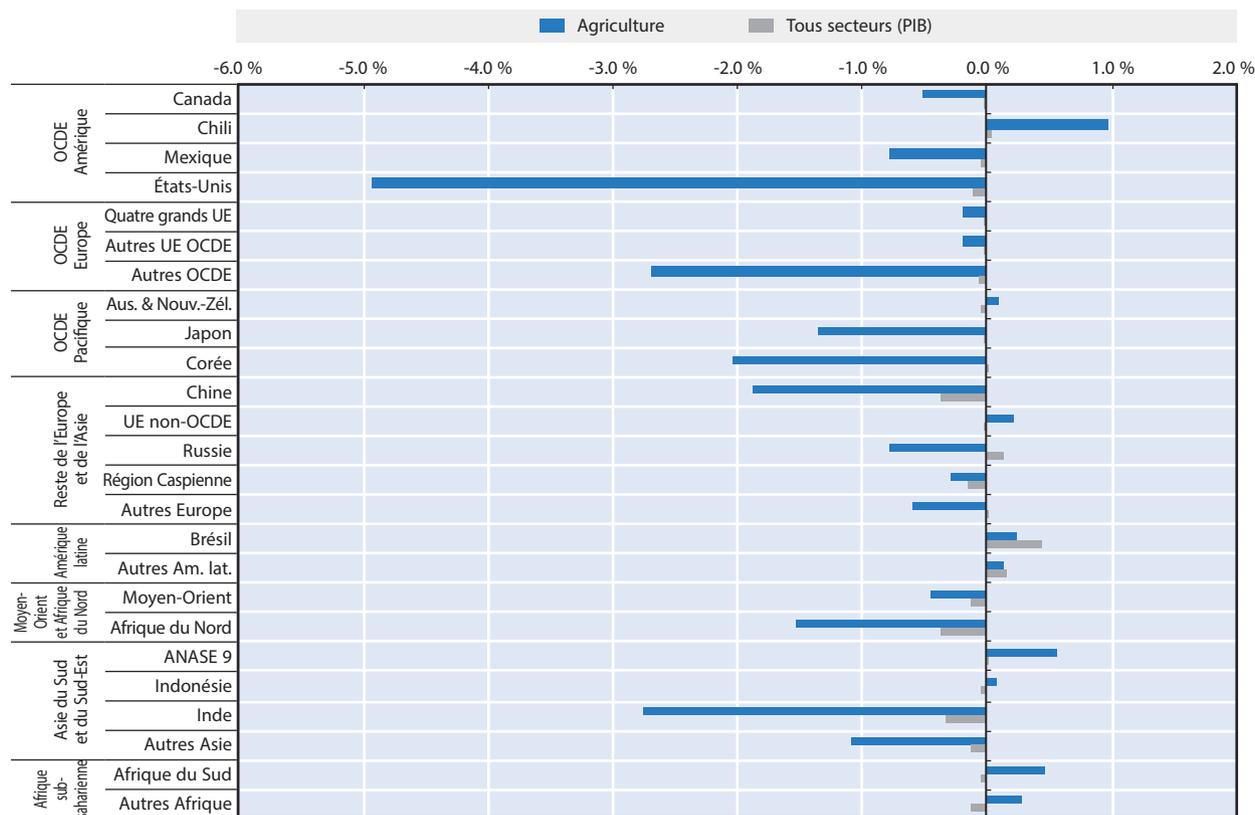
Source : Modèle ENV-Linkages.

Les effets sur le PIB font pendant aux résultats sectoriels. En moyenne, la perte de PIB du groupe du Reste de l'Europe et de l'Asie est de 1.1% en 2060, contre 0.4% pour l'ensemble du monde (non indiquée sur le graphique). Les effets sur les régions de l'OCDE sont relativement faibles parce que, dans les pays considérés, les dépenses de santé supplémentaires liées à la pollution de l'air constituent, dans l'ensemble, une proportion nettement plus faible des dépenses totales aussi bien pour les pouvoirs publics que pour les ménages. En général, les dépenses supplémentaires des ménages renforcent davantage les pertes de PIB que l'augmentation des dépenses publiques parce qu'elles ont des effets sur l'épargne et sur l'accumulation de capital. Par conséquent, bien que l'essentiel des dépenses de santé soit assuré par financements publics dans de nombreuses régions, la perte de PIB peut être imputée pour une large part à l'augmentation des dépenses des ménages. Mais comme le montrent les résultats observés pour la région « Reste de l'Europe et de l'Asie », les effets de l'augmentation des dépenses publiques ne sont mineurs qu'à la marge : dès lors que les dépenses supplémentaires deviennent importantes, elles exercent un impact sur la croissance économique, notamment du fait de l'alourdissement de la charge fiscale que les autorités doivent imposer aux ménages pour équilibrer les finances publiques<sup>5</sup>.

### 4.1.3. Conséquences des impacts sur les rendements agricoles

Les impacts sur les rendements agricoles, examinés à la section 3.5, entraînent une réduction mondiale de la croissance de la production au cours du temps ; en d'autres termes, la production agricole diminue par rapport à la projection hors effets de rétroaction. La production globale de produits agricoles ne diminue toutefois que très peu (-1.1 % en 2060) car, étant donné que les aliments sont des produits essentiels, la demande de produits agricoles n'est guère élastique par rapport aux prix, comme le montre le graphique 4.3. La baisse de productivité du secteur agricole et l'augmentation associée des coûts de production unitaires induisent à la fois une intensification et une extensification de la production. Dans toutes les régions, les agriculteurs visent à limiter les répercussions négatives sur la production en utilisant davantage de ressources, notamment du capital et des engrais, par unité de production (intensification) et – en particulier dans les régions où les terres sont abondantes (Afrique et Amérique latine) – en convertissant davantage de terres à l'agriculture (extensification). Ces réponses ont généralement des conséquences préjudiciables pour l'environnement : l'utilisation accrue d'engrais se traduit par une hausse des émissions et peut porter atteinte à la qualité de l'eau, tandis que la conversion des terres peut avoir un effet dommageable sur les écosystèmes et la biodiversité, et accentuer les effets du changement climatique imputables aux modifications de l'utilisation des terres et de la sylviculture. Étant donnée aussi la part relativement faible de l'agriculture dans le PIB total, les coûts macroéconomiques de la baisse des rendements mesurée par la variation en pourcentage du PIB demeurent très faibles (-0.1 % à l'échelle mondiale en 2060).

Graphique 4.3. Évolution de la valeur ajoutée et du PIB due aux impacts agricoles, projection centrale  
Variation en pourcentage par rapport à la projection hors rétroactions, 2060



StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933406559>

Source : Modèle ENV-Linkages.

Il existe des différences importantes entre les régions. Bien que la hausse des concentrations d'ozone (qui est à l'origine des impacts agricoles) soit particulièrement marquée en Chine et en Inde (voir le graphique 3.7), les baisses les plus fortes de la production agricole indiquées par les projections ont lieu dans certaines des régions de l'OCDE, en particulier aux États-Unis. Ce résultat tient essentiellement au fait qu'aux États-Unis, la pollution atmosphérique a déjà des répercussions sur la production à court terme, et continuera d'exercer des pressions à la baisse sur les rendements agricoles et la production dans les décennies à venir. Les répercussions sur la production agricole en Chine et en Inde, en revanche, s'accumuleront progressivement au cours du temps. De surcroît, il existe dans le secteur des oléagineux des liens commerciaux étroits entre les États-Unis et l'Amérique latine, en particulier le Brésil, de sorte que de faibles variations de la compétitivité entre le Brésil et les États-Unis peuvent se traduire par des déplacements relativement importants des lieux de production.

Malgré les impacts négatifs sur les rendements constatés partout dans le monde, certaines régions peuvent porter leur production agricole à un niveau supérieur à celui des projections hors rétroactions. Cet effet est particulièrement marqué dans le cas du Chili, mais il est aussi présent au Brésil et dans les pays membres de l'ANASE, par exemple. L'association de pertes de rendement relativement mineures à la possibilité d'accroître fortement la superficie des terres agricoles signifie que la position concurrentielle relative de ces pays sur le marché mondial des denrées agricoles s'améliore par rapport à celle de leurs principaux concurrents. Comme on l'a déjà mentionné, ces retombées économiques positives ont tendance à s'accompagner de pressions accrues sur l'environnement. Cet effet, similaire aux conséquences des pertes de rendement engendrées par le changement climatique, est étudié de manière approfondie dans OCDE (2015) et OCDE (2016), qui analyse la manière dont le changement climatique influe sur les échanges internationaux et l'avantage comparatif révélé des pays.

Comme le montre le graphique 4.3, d'importantes évolutions de la production agricole des régions n'entraînent pas nécessairement d'importantes évolutions correspondantes du PIB. Les chocs sectoriels, tels que la baisse des rendements, exercent leurs effets sur le PIB par le biais de différents mécanismes. Premièrement, dans les pays où l'agriculture ne contribue que relativement peu à la production totale, comme les États-Unis, les modifications de la production agricole n'entraînent pas de changements macroéconomiques très notables. Deuxièmement, la baisse de la productivité agricole provoque des modifications de la production d'autres secteurs (l'industrie alimentaire, par exemple, doit s'acquitter de prix plus élevés pour ses intrants). Troisièmement, l'évolution de la structure des échanges internationaux (et des termes de l'échange) due aux divers changements des conditions agricoles des pays a également un impact sur le PIB. Enfin, la diminution de la productivité économique provoque une baisse des revenus des ménages et, par conséquent, une contraction de l'épargne; cette contraction provoque, à son tour, une réduction des investissements et, partant, un ralentissement de l'accumulation de capital qui a des répercussions sur la croissance économique à long terme. Cet effet est toutefois limité lorsque le choc qui s'exerce dans un secteur particulier est de relativement faible ampleur. Ces mécanismes montrent que tous les secteurs et toutes les régions sont interconnectés, et qu'un choc se produisant dans une partie quelconque de l'économie a des effets indirects sur d'autres régions, d'autres secteurs et à d'autres périodes.

Les coûts macroéconomiques les plus importants sont observés en Chine, en Afrique du Nord et en Inde. En outre, dans certaines régions, les impacts sur le PIB sont négatifs tandis que les conséquences pour la production agricole sont positives, comme le montre au graphique 4.3 la valeur ajoutée totale dans l'agriculture. Un ensemble complexe d'interactions explique ces résultats, dont l'intensité varie selon les régions. Une première

explication réside dans le ralentissement de l'accumulation du capital. La diminution du stock de capital est préjudiciable dans tous les secteurs, mais surtout pour les industries à forte intensité de capital. Cela tient, du moins en partie, au fait que ces régions sont plus ouvertes aux échanges internationaux. Les économies intérieures ne peuvent donc pas absorber les chocs exercés dans leurs systèmes agricoles, leurs termes de l'échange se dégradent et leur activité totale diminue. Certaines de ces régions font en outre face aux chocs agricoles en intensifiant leur production agricole et, lorsque les terres disponibles sont abondantes, comme c'est le cas dans la région « Autres pays d'Afrique », il leur est possible de développer une agriculture plus extensive, c'est-à-dire d'accroître les superficies consacrées à l'agriculture. Les produits agricoles étant des biens nécessaires dont la demande est relativement inélastique, ces régions font face à des chocs agricoles négatifs en détournant des ressources du reste de l'économie. Si cette manière de procéder peut avoir des effets préjudiciables sur la productivité globale du pays, elle est justifiée dans l'optique de la sécurité alimentaire et du caractère essentiel des produits alimentaires.

## 4.2. Conséquences économiques de l'ensemble des impacts marchands

### 4.2.1. Conséquences macroéconomiques de l'ensemble des impacts marchands

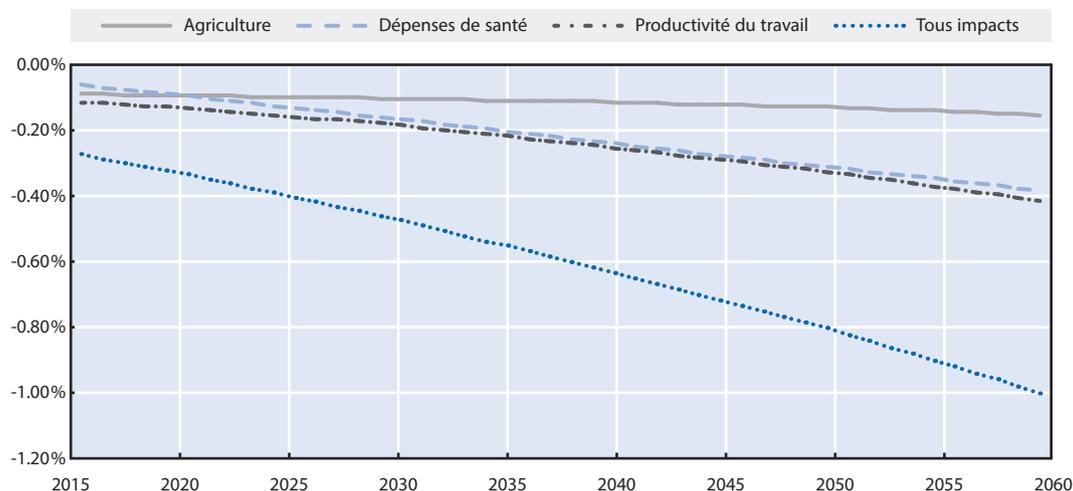
Les trois types d'impacts marchands de la pollution atmosphérique considérés à la section 4.1 contribuent à ramener les projections du PIB à un niveau inférieur à la projection de référence hors rétroactions, qui fait abstraction des effets en retour de la pollution sur l'économie. Le graphique 4.4A montre comment ces trois impacts, représentés par la variation en pourcentage du PIB mondial dans la projection hors rétroactions, évoluent dans le temps. Au niveau mondial, les conséquences des impacts sur la productivité du travail et sur les dépenses de santé continuent d'augmenter sensiblement par rapport au PIB. Les impacts sur l'agriculture sont, en revanche, relativement stables lorsqu'ils sont exprimés en pourcentage du PIB ; en d'autres termes, la valeur absolue de ces impacts augmente plus ou moins au même rythme que le PIB. Globalement, les coûts marchands totaux de la pollution de l'air extérieur devraient, selon les projections, passer de 0.3 % par an en 2015 à 1.0 % du PIB par an d'ici 2060.

Le graphique 4.4B présente une décomposition différente des coûts marchands totaux de la pollution de l'air extérieur. Les *coûts marchands directs* peuvent être calculés comme la somme des effets économiques directs représentés dans le modèle. Ils englobent (i) l'évolution de la valeur ajoutée des secteurs agricoles induite par les modifications de la productivité du travail ; (ii) l'augmentation des dépenses de santé ; et (iii) l'évolution de la valeur ajoutée agricole résultant de modifications des rendements des cultures. Tous ces coûts directs sont mesurés sans tenir compte de la réallocation des ressources économiques. Les *effets économiques indirects* peuvent ensuite être déduits au titre des coûts macroéconomiques totaux, c'est-à-dire la variation du PIB, moins les coûts directs. Ces effets indirects résultent de la réallocation des facteurs de production dans l'ensemble de l'économie et, par exemple, de l'évolution des taux d'épargne, et sont induits par la variation des prix relatifs. Il existe une différence manifeste entre les coûts directs et les coûts indirects : tandis que les coûts directs augmentent plus ou moins au même rythme que l'activité économique (les coûts en pourcentage du PIB sont en effet à peu près stables), les coûts indirects progressent rapidement au fil du temps. Deux mécanismes importants jouent un rôle majeur : (i) tout impact négatif sur l'accumulation de capital exerce un effet permanent car il abaisse le potentiel de croissance de l'économie ; et (ii) comme la vigueur des chocs augmente au fil du temps, les options moins onéreuses sont retenues les premières, et les chocs ultérieurs nécessiteront des mesures plus coûteuses.

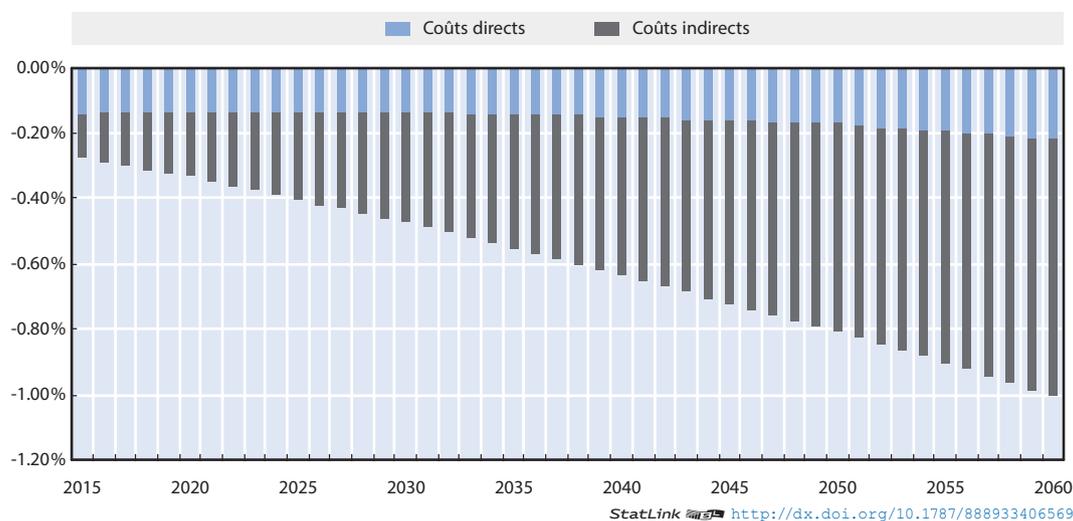
### Graphique 4.4. Évolution du PIB mondial sous l'effet conjoint des impacts marchands, projection centrale

Variation en pourcentage par rapport à la projection hors rétroactions

#### A. Évolution des variations du PIB mondial dans le temps



#### B. Évolution dans le temps des coûts directs et indirects



Source : Modèle ENV-Linkages.

Au niveau des régions, il n'est guère surprenant de constater que les pertes indiquées par les projections sont nettement plus lourdes dans la région Reste de l'Europe et de l'Asie, qui comprend la Chine et la Russie (graphique 4.5). Non seulement les concentrations projetées sont très fortes dans ces régions, mais les impacts sur la productivité du travail, et surtout sur les dépenses de santé, y sont sensiblement plus prononcés que dans d'autres parties du monde<sup>6</sup>. La situation est très différente en Inde. Les pertes de PIB projetées à l'horizon 2060 seraient beaucoup plus faibles qu'elles ne le sont pour la Chine, bien que les projections indiquent des concentrations très élevées pour ces deux pays (voir les graphiques 3.6 et 3.7). Ces deux pays se différencient l'un de l'autre par la pyramide des âges de leur population : la population indienne reste jeune, tandis que le vieillissement de la population chinoise devrait poser des difficultés grandissantes. En d'autres termes, de

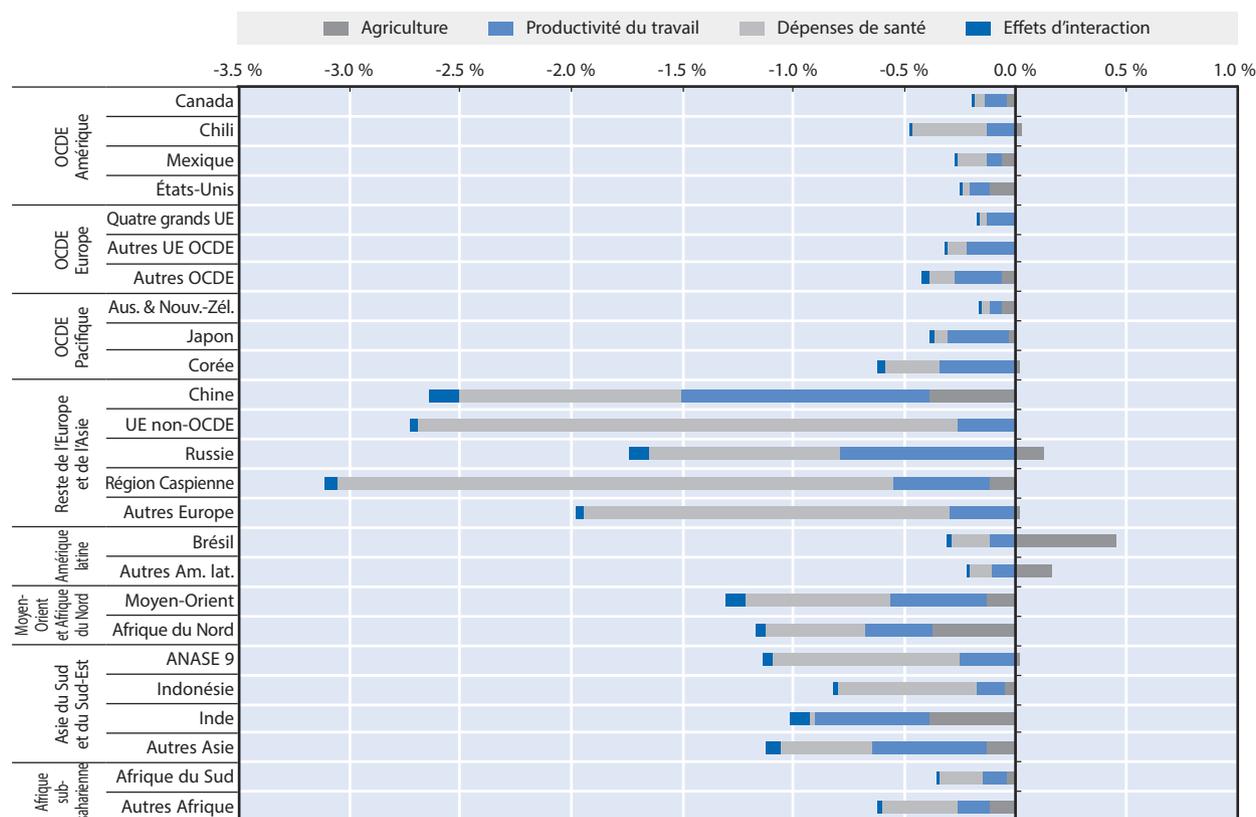
par sa structure, la population chinoise sera plus vulnérable à la pollution atmosphérique et les dépenses de santé supplémentaires seront donc plus élevées en Chine qu'en Inde au cours des décennies à venir. Par ailleurs, comme mentionné à la section 4.1, l'épargne a une structure assez différente en Inde et en Chine : les taux d'investissement et d'épargne courants sont sensiblement plus élevés en Chine, mais à long terme l'inverse est vrai, de sorte que ces deux pays réagiront différemment à une réduction des revenus ou à une augmentation des dépenses de santé.

D'importants coûts macroéconomiques sont aussi enregistrés au Moyen-Orient et en Afrique du Nord ainsi qu'en Asie du Sud et du Sud-Est. L'Afrique du Nord est touchée par les trois catégories d'impacts marchands, tandis que dans les régions asiatiques, un type d'impact tend à dominer (la productivité du travail pour l'Inde, les dépenses de santé pour les économies de l'ANASE). Les coûts macroéconomiques projetés sont plus faibles dans les régions de l'OCDE, en Afrique et dans les Amériques.

Il n'est pas correct de simplement additionner les impacts des trois catégories pour calculer l'effet global des impacts marchands de la pollution atmosphérique sur la croissance économique, car des interactions s'exercent, qui doivent être prises en compte. En théorie, ces effets d'interaction peuvent être aussi bien positifs que négatifs. Ainsi, les conséquences économiques sont généralement d'autant plus importantes que les chocs sont prononcés en raison de l'effet multiplicateur (la baisse de revenus entraîne une diminution de l'épargne et, par conséquent, de l'accumulation de capital et des niveaux de revenu aux périodes ultérieures). L'association des différents effets peut donc accentuer la perte de PIB totale. Les différents chocs qui s'exercent au sein du système économique pourraient toutefois aussi provoquer l'apparition d'un nouveau processus optimal d'ajustement et de réallocation des ressources susceptible de réduire les coûts. Si l'on considère les projections couvrant toutes les catégories d'impacts, l'on peut noter que l'effet négatif dominant est celui de fortes distorsions de la consommation et des possibilités de production, et que la perte globale de PIB est supérieure à la somme des pertes enregistrées au titre de ces trois catégories. À l'échelle mondiale, cet effet est mesuré (moins de 0.1 % du PIB en 2060), toutefois dans les régions les plus touchées, ces effets cumulés peuvent entraîner des pertes de PIB plus manifestes.

Ces effets sur l'activité économique influent à leur tour sur les émissions de polluants atmosphériques. En principe, il faudrait tenir compte de ces réductions et réévaluer les niveaux de concentration et les impacts de la pollution de l'air jusqu'à atteindre la convergence entre toutes les étapes de la chaîne de causalité. Toutefois, les réductions de l'activité économique sont assez limitées, aussi les niveaux d'émission qui résultent de la projection centrale, tenant compte des effets de rétroaction de la pollution, diffèrent-ils de moins de 1 % de ceux correspondant à la projection de référence, hors rétroactions (et de moins de 4 % à l'échelle régionale). L'effet secondaire des projections d'émissions plus faibles sur les concentrations et les impacts est par conséquent très faible, et peut être négligé compte tenu des incertitudes qui entourent tous les calculs présentés dans ce rapport<sup>7</sup>. En d'autres termes, il n'est pas nécessaire de procéder à une itération à partir de la projection centrale pour réviser la projection hors rétroactions de l'activité économique et des émissions (voir la section 2.2).

Graphique 4.5. Évolution du PIB régional sous l'effet conjoint des impacts marchands, projection centrale  
Variation en pourcentage par rapport à la projection hors rétroactions, 2060



StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933406574>

Source : Modèle ENV-Linkages.

#### 4.2.2. Établissement d'un lien entre la pollution atmosphérique et le changement climatique

La hausse projetée des émissions de polluants atmosphériques a également un effet sur le changement climatique. Certains polluants atmosphériques ont un effet de refroidissement (notamment des aérosols comme le carbone organique), tandis que d'autres réchaufferont fortement l'atmosphère à brève échéance (par exemple le carbone noir et l'ozone). Pour étudier les interactions entre la pollution de l'air extérieur et le changement climatique dans les projections, on a calculé le forçage radiatif à l'aide du modèle MAGICC6.4 (Meinshausen et al., 2011). Dans la projection hors rétroactions, les aérosols ont un effet global direct de *refroidissement* qui devrait passer de 0.4 W/m<sup>2</sup> à 0.5 W/m<sup>2</sup> (abstraction faite des effets indirects induits de l'albédo des nuages) tandis que l'ozone troposphérique a un effet de *réchauffement* du même ordre de grandeur. Au total, la contribution des polluants atmosphériques au changement climatique est par conséquent limitée.

Les effets de rétroaction économiques de la pollution de l'air extérieur ralentissent à leur tour l'activité économique dans le monde entier et aboutissent ainsi à une réduction des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Toutefois, cet effet est relativement faible : il représente moins de 1.5 % pour les émissions mondiales et, dans toutes les régions, moins de 4 % pour le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'hémioxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). La réduction des impacts climatiques qui en résulte n'est pas significative. Inversement,

les dommages climatiques ont aussi des effets très limités sur les émissions de polluants atmosphériques, qui varient à l'échelle mondiale entre une réduction de 5.5 % pour le  $\text{NH}_3$  et une augmentation de 0.5 % pour le  $\text{SO}_2$  selon les projections de l'OCDE (2015).

Les effets d'interaction entre les dégâts causés par le changement climatique et ceux associés à la pollution atmosphérique peuvent être plus prononcés dans certains secteurs comme l'agriculture. Il existe aussi des effets d'interaction au niveau de l'action des pouvoirs publics : lutter contre la pollution atmosphérique en réduisant les activités économiques polluantes aura des effets significatifs sur le climat. De même, les efforts d'atténuation du changement climatique et de la pollution atmosphérique influent sur les émissions de tous les polluants ; dans certains cas, d'importantes synergies peuvent être exploitées (cas des améliorations de l'efficacité énergétique), tandis que dans d'autres, les arbitrages dominent (cas des techniques de captage des polluants atmosphériques qui réduisent l'efficacité de la production d'électricité). Il conviendrait d'analyser en détail l'ensemble de ces liens d'interdépendance, mais une telle étude des multiples avantages de l'action des pouvoirs publics n'entre cependant pas dans le cadre du présent rapport.

Le rapport de l'OCDE sur les conséquences économiques du changement climatique (OCDE, 2015) contient un exercice semblable quant aux coûts de l'inaction face au changement climatique. Il présente une évaluation quantitative mondiale détaillée des conséquences macroéconomiques et sectorielles du changement climatique (dommages climatiques) pour un certain nombre d'impacts : modifications des rendements agricoles, pertes de terres et de capital dues à l'élévation du niveau des océans, modifications des prises de poissons, dommages matériels causés par les ouragans, modifications de la productivité du travail et des dépenses de santé imputables aux maladies et aux canicules, modifications des flux touristiques, et enfin des demandes d'énergie, tant pour le chauffage que pour le refroidissement. Ce rapport utilise la même projection de référence et une méthodologie très semblable fondée sur la fonction de production.

Des travaux beaucoup plus nombreux ont été consacrés aux aspects économiques du changement climatique (on en trouvera une synthèse dans OCDE, 2015). Les travaux les plus directement comparables sont ceux menés à l'Institut de prospective technologique (IPTTS) du CCR, qui a fait appel à des méthodes analogues pour évaluer les conséquences économiques du changement climatique (Ciscar et al., 2011, 2014) et de la pollution atmosphérique (Vrontisi et al., 2016).

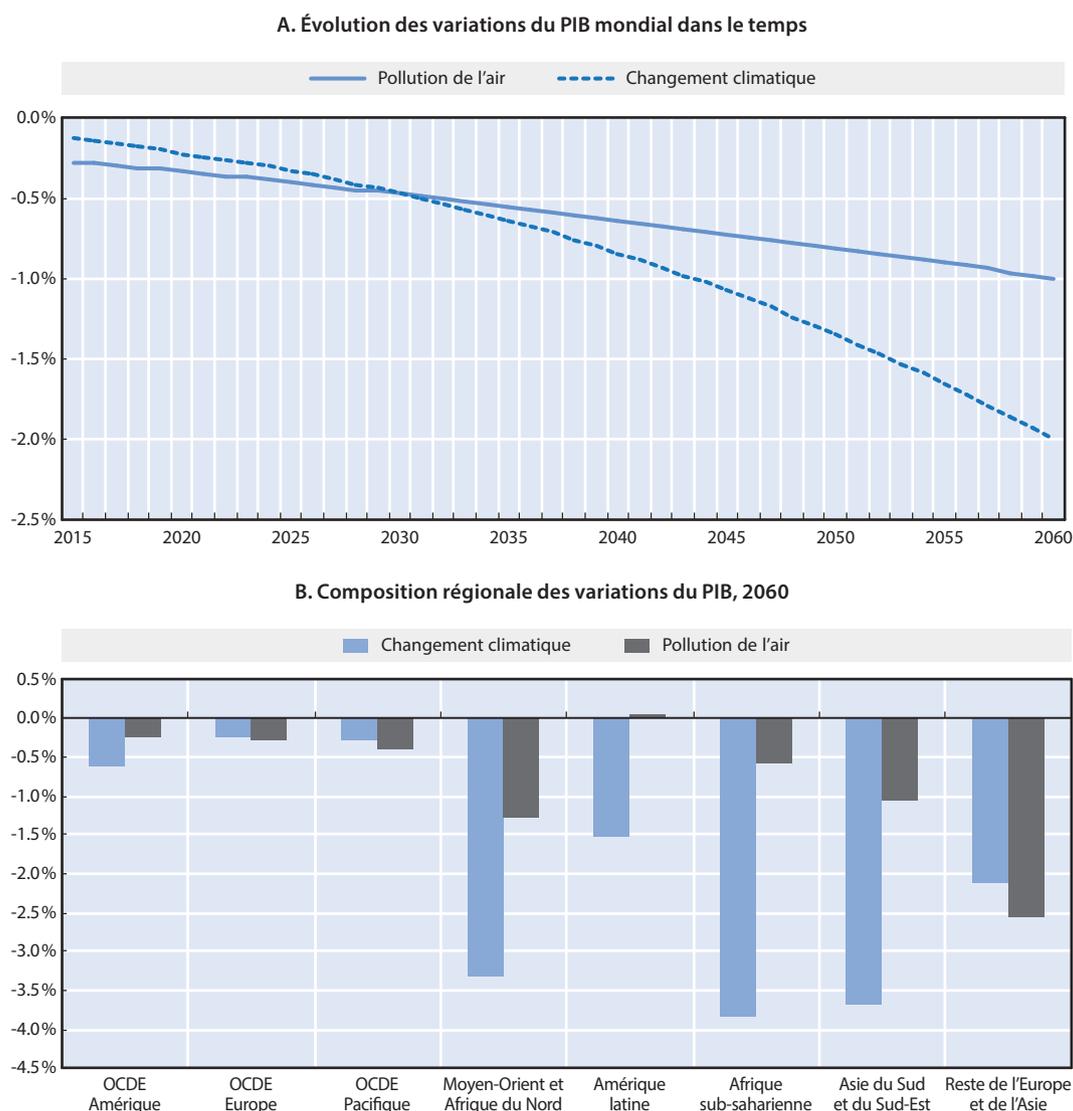
Il importe de savoir que comme pour l'évaluation des conséquences économiques de la pollution de l'air, certaines des répercussions principales du changement climatique ne touchent pas directement les marchés et n'ont pas pu être prises en compte dans le cadre de modélisation. La principale raison-d'être de l'action des pouvoirs publics à l'encontre du changement climatique ne tient pas aux impacts marchands, mais plutôt aux risques significatifs d'apparition d'événements climatiques majeurs et à leurs très graves conséquences. Néanmoins, la comparaison des impacts marchands du changement climatique et de la pollution atmosphérique peut aider à mettre en lumière l'incidence que peuvent avoir ces deux problèmes environnementaux sur l'activité économique.

Durant la première moitié du siècle, l'ordre de grandeur des coûts marchands totaux de la pollution atmosphérique indiqués par les projections devrait être similaire à celui du changement climatique (graphique 4.6). Les deux séries d'impacts évoluent toutefois de manière très différente dans le temps : la pollution atmosphérique a un effet plus marqué sur l'économie au cours des prochaines décennies, tandis que les dommages causés par le changement climatique s'accroissent progressivement pour devenir beaucoup plus importants dans la seconde moitié du siècle. Les risques de dégradation posés par le

changement climatique semblent également beaucoup plus prononcés, bien qu'il ne soit pas possible d'évaluer correctement les incertitudes relatives aux dommages causés par la pollution atmosphérique faute de données fiables. Il est intéressant de noter que le changement climatique et la pollution atmosphérique empruntent les mêmes grands canaux de transmission (perte de productivité du travail, diminution des rendements agricoles et chocs au niveau de la demande) pour exercer leurs impacts, bien qu'ils résultent de phénomènes biophysiques différents. Selon les projections, le changement climatique devrait toutefois avoir des répercussions macroéconomiques beaucoup plus profondes et toucher directement une plus large gamme d'activités économiques, surtout les stocks de capital.

Graphique 4.6. **Impacts de la pollution de l'air extérieur et du changement climatique, projection centrale**

Variation en pourcentage du PIB par rapport à la projection hors rétroactions



StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933406582>

Source : Modèle ENV-Linkages.

La répartition géographique des coûts marchands est elle aussi très différente. Selon l'OCDE (2015), même en présence de mesures d'adaptation au changement climatique, « les conséquences économiques nettes indiquées par les projections seront [...] particulièrement prononcées en Afrique et en Asie, où les économies régionales sont vulnérables à toute une série d'impacts climatiques, notamment au stress thermique et à la chute des rendements agricoles ». À titre de comparaison, les répercussions économiques de la pollution atmosphérique sont beaucoup plus concentrées dans les régions très peuplées comme l'Europe et, surtout, l'Asie. Les situations respectives de la Chine et de l'Inde sont également opposées : si le changement climatique a des impacts particulièrement menaçants pour l'Inde, la pollution atmosphérique a des effets plus marqués en Chine. Pour des raisons géographiques, de vastes parties de la région de l'OCDE seront également plus touchées par la pollution atmosphérique que par le changement climatique, en particulier au cours des prochaines décennies.

### 4.3. Spécifications alternatives des impacts marchands

Les modèles économiques appliqués sont fondés sur une série d'équations qui s'efforcent de reproduire les caractéristiques de la structure et du fonctionnement de l'économie. Un certain nombre d'hypothèses sont nécessaires pour définir le cadre de modélisation. Les hypothèses de modélisation utilisées pour calculer les impacts marchands de la pollution de l'air extérieur reflètent l'état des connaissances dans les travaux publiés (voir Vrontisi et al., 2016), mais elles résultent néanmoins de choix de modélisation, qui à ce titre influent sur les résultats.

La présente section propose une analyse de sensibilité des résultats, concernant les impacts marchands de la pollution de l'air extérieur, aux spécifications retenues des impacts considérés. Pour les impacts sur le marché du travail, la projection centrale ne prend en compte que l'effet sur la productivité de la main-d'œuvre à cause de jours de travail perdus. La section 4.3.1 présente une spécification différente dans laquelle les modifications de l'offre de main-d'œuvre dues aux décès prématurés sont aussi prises en compte. Les impacts sur les dépenses de santé sont modélisés dans le rapport en prenant pour hypothèse que les ménages ajusteront leurs niveaux de consommation et que les pouvoirs publics accroîtront le montant de leur budget pour financer l'augmentation des dépenses de santé en augmentant les impôts sur le travail. Dans une spécification alternative proposée dans la section 4.3.2, il est supposé que les dépenses supplémentaires de santé des ménages et des pouvoirs publics se feront au détriment des autres dépenses de biens et services. Enfin, la section 4.3.3 présente une autre spécification des impacts de l'évolution des rendements agricoles tenant compte des fourchettes d'incertitude sur les impacts biophysiques.

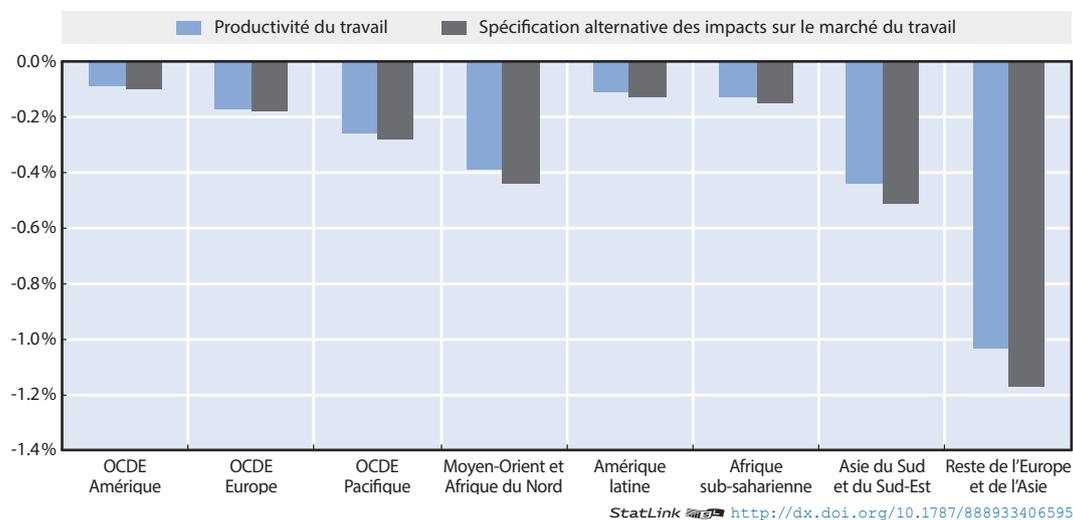
#### 4.3.1. Spécification alternative des impacts sur le marché du travail

L'analyse des impacts sur le marché du travail dans la projection centrale s'appuie uniquement sur l'effet direct des jours de travail perdus sur la productivité de la main-d'œuvre, et des effets indirects associés qui se font sentir dans l'économie. Il est possible de retenir une spécification différente qui consiste à intégrer en tant que choc l'effet supplémentaire sur l'offre de travail du nombre de décès prématurés dans la population en âge de travailler. Cet effet supplémentaire vise, non pas à refléter une évaluation de l'effet sur le bien-être de ces décès prématurés, mais seulement à recenser leurs conséquences au niveau du système économique par le biais de la population en âge de travailler. Plusieurs effets indirects pourraient être pris en compte (par exemple la diminution de la consommation globale par suite de la réduction des effectifs de population ou des

conséquences démographiques sur les générations futures résultant de la baisse du nombre de naissances). L'incidence nette de ces impacts n'est pas claire a priori, et ne peut être aisément évaluée quantitativement en l'absence d'une analyse plus approfondie. C'est pourquoi seul l'effet direct sur l'offre de travail de la projection linéaire des décès prématurés est inclus dans cette autre spécification, à titre d'illustration. Les principaux résultats sont récapitulés dans le graphique 4.7.

Graphique 4.7. **Sensibilité des coûts marchands à différents impacts sur le marché du travail**

Variation en pourcentage du PIB par rapport à la projection hors rétroactions, 2060



Source : Modèle ENV-Linkages.

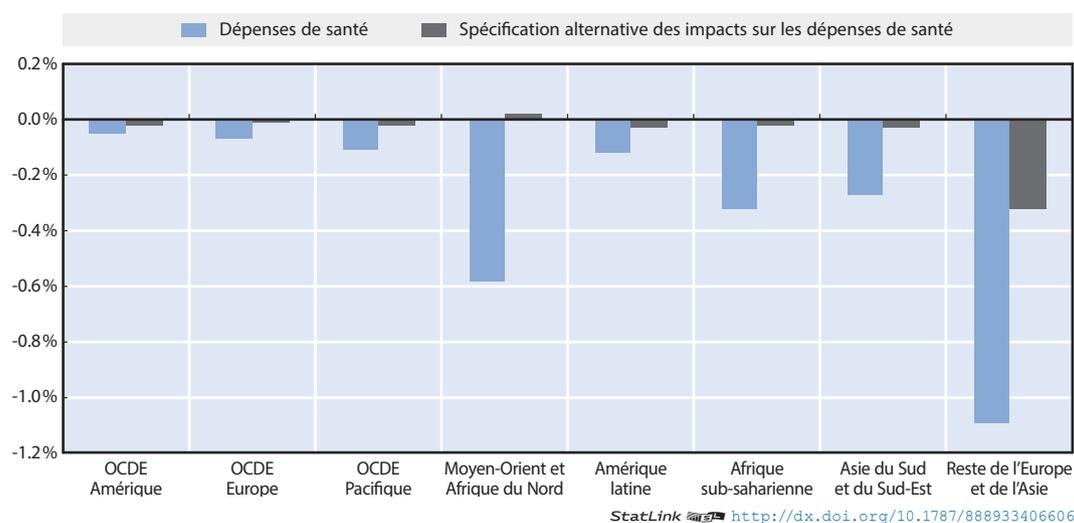
Bien que les répercussions non marchandes soient très importantes, les conséquences d'une diminution de l'offre de main-d'œuvre sur le PIB sont minimes. Dans toutes les régions, les effets de la contraction de l'offre de main-d'œuvre devraient, selon les projections, être bien inférieurs à 0.1 % du PIB en 2060. Ce faible effet des décès prématurés sur l'offre de travail et la perte correspondante de PIB conforte les conclusions d'études antérieures (voir OCDE, 2012) selon lesquelles le principal élément devant être pris en compte dans une évaluation des coûts économiques de ces décès est la valeur de la vie perdue et non pas les répercussions sur le reste de l'économie (voir également l'analyse présentée au chapitre 5)<sup>8</sup>.

#### 4.3.2. *Spécification alternative des impacts sur les dépenses de santé*

Il n'est pas aisé de modéliser la réponse des pouvoirs publics et des ménages à l'augmentation des dépenses de santé résultant de la dégradation de la situation sanitaire. Selon l'hypothèse retenue pour la projection centrale, les ménages réagissent en ajustant leur consommation des autres biens et services (hors santé) ainsi que leur épargne. Les autorités publiques sont supposées ajuster le montant de leur budget pour financer cette augmentation par le biais d'une hausse des impôts sur le travail (ou des cotisations salariales dans les pays disposant de système de sécurité sociale). Dans une autre spécification, il est posé en hypothèse que les ménages ainsi que les pouvoirs publics réagissent à l'augmentation des dépenses de santé en réduisant les dépenses des autres biens et services. Dans ce scénario d'éviction, les ménages maintiennent leur niveau d'épargne, tandis que les pouvoirs publics ne modifient pas leurs dépenses totales.

Le graphique 4.8 montre dans quelle mesure sont touchées les différentes régions lorsque cette seconde spécification est retenue. Lorsque les dépenses de santé donnent lieu à une exacte réduction des autres dépenses, l'impact de la pollution atmosphérique sur le PIB est généralement bien plus faible. Dans ce cas, les agents protègent l'économie des effets multiplicateurs associés à la réduction de leur épargne ou de l'augmentation de leur budget. L'hypothèse du maintien de l'épargne privée au niveau correspondant à la projection hors rétroactions, en particulier, implique qu'aucun effet de ralentissement de l'économie ne résulte d'une contraction des investissements et de l'accumulation de capital. Ces moindres répercussions sur le PIB n'entraînent toutefois pas ne amélioration du bien-être : la hausse de l'épargne se fait au détriment de la consommation, et la fourniture par l'État de biens publics non liés à la santé diminue. Il n'est malheureusement pas possible de déduire l'effet global de ces modifications sur le bien-être dans le cadre de modélisation retenu, qui ne peut que mesurer des indicateurs plus étroits fondés sur la consommation privée.

Graphique 4.8. **Sensibilité des coûts marchands à différents impacts sur les dépenses de santé**  
Variation en pourcentage par rapport à la projection hors rétroactions, 2060



Source : Modèle ENV-Linkages.

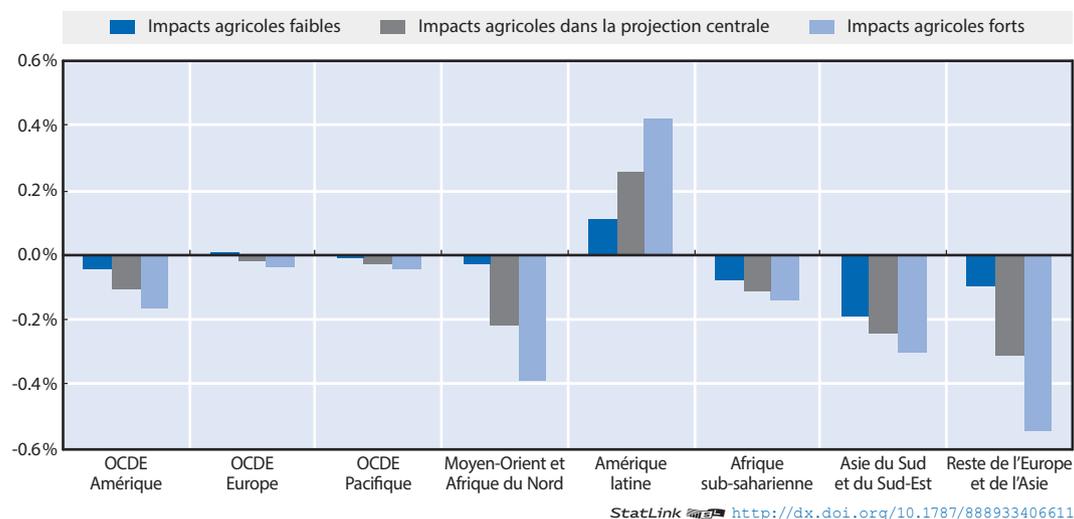
#### 4.3.3. *Spécification alternative des impacts sur les rendements agricoles*

Les calculs des impacts agricoles sont basés sur le modèle FASST du CCR-CE. Sur la base de ce modèle il est possible de replacer les résultats obtenus dans un intervalle de confiance, en calculant les impacts minimum et maximum sur les rendements agricoles. Ces variations tiennent à l'utilisation de différentes mesures pour les cultures et pour les concentrations d'ozone (voir la section 2.5 et Van Dingenen et al., 2009). L'écart entre l'impact minimum, la projection centrale et l'impact maximum varie selon les cultures et les régions, mais l'impact minimum est approximativement égal à la moitié de celui indiqué par la projection centrale tandis que l'impact maximum est supérieur d'environ 50 % à celui indiqué par cette dernière.

Le graphique 4.9 reporte la sensibilité de des variations de PIB à l'éventail possible des impacts agricoles. Les répercussions sur le PIB seront d'autant plus importantes que ces effets seront marqués, bien que la situation diffère quelque peu selon les cultures agricoles et les régions. Ce profil vaut également pour les conséquences positives en Amérique du sud : les

pertes de rendement plus fortes enregistrées dans d'autres régions signifient de plus grandes possibilités d'accroître la production en Amérique latine. Bien que les impacts négatifs de la pollution de l'air sur les rendements agricoles des pays d'Amérique du sud soient eux aussi élevés, l'accroissement de l'écart entre les coûts de production de ces pays et ceux des pays concurrents joue un rôle plus important. La position concurrentielle de l'Amérique du sud s'améliore donc, même lorsque les pertes de rendement sont élevées à l'échelle mondiale. Cela ne signifie pas que l'augmentation de la pollution atmosphérique bénéficie toujours aux économies de la région. Dès que les impacts intérieurs négatifs atteignent un certain niveau, les répercussions négatives sur l'économie intérieure commencent à l'emporter sur l'accroissement de l'avantage comparatif. De même, une fois que les impacts mondiaux sont suffisamment marqués pour ralentir la demande mondiale, ce ralentissement neutralise les gains de compétitivité.

Graphique 4.9. **Sensibilité des coûts marchands à différents impacts agricoles**  
Variation en pourcentage du PIB par rapport à la projection hors rétroactions, 2060



Source : Modèle ENV-Linkages.

## Notes

1. L'exception est l'Inde. Bien que le choc de productivité du travail soit du même ordre de grandeur en Inde et en Chine, le travail constitue une part nettement plus importante du PIB en Inde. L'effet direct sur le travail est donc plus important. Mais cela signifie également que la réduction des autres composantes est moins prononcée et de fait, l'effet indirect sur le travail, bien que faible, apparaît positif.
2. L'ampleur de ces effets dépend de la manière dont le comportement de l'épargne est modélisé ; elle ne tient pas compte de toutes les mesures prises par les ménages pour modifier leur épargne lorsqu'ils prennent conscience de l'évolution du risque de décès prématuré.
3. Les pouvoirs publics peuvent aussi décider de réduire la qualité des soins de santé, mais les coûts en bien-être de telles mesures seraient vraisemblablement plus élevés que les dépenses de santé considérées ici. Les coûts calculés et indiqués dans la présente étude représentent, dans cette optique, le plancher des coûts potentiels en bien-être.

4. Dans toutes les régions, la grande majorité de ces dépenses supplémentaires est associée à des maladies liées aux concentrations de PM<sub>2,5</sub>; l'ozone a un bien moindre impact sur la hausse des dépenses.
5. Il importe de noter que l'adoption de spécifications différentes pour le mécanisme de financement, dans le cadre desquelles, par exemple, l'équilibre des finances publiques est assuré par l'ajustement de l'impôt sur le revenu ou par des versements forfaitaires entre les ménages et les pouvoirs publics, ne modifie pas sensiblement ces résultats.
6. On notera que ces résultats sont des projections des coûts de l'inaction des pouvoirs publics et qu'ils ne reflètent aucun jugement concernant les actions publiques que pourraient mener à l'avenir la Chine, la Russie ou tout autre pays.
7. En principe, cela n'exclut pas des variations importantes pour certaines zones particulièrement sensibles, mais le cadre de modélisation ne permet pas de procéder à des évaluations à ce niveau de détail.
8. La situation est toutefois différente, comme le montre clairement le présent rapport, pour les coûts de la morbidité.

## Références

- Ciscar, J.C. et al. (2014), « Climate impacts in Europe: The JRC PESETA II project », *JRC Scientific and Policy Reports*, n° EUR 26586EN, Office des publications de l'Union européenne, Luxembourg. <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/publications/pub.cfm?id=7181> (consulté le 3 mai 2016).
- Ciscar, J.C. et al. (2011), « Physical and economic consequences of climate change in Europe », *Proceedings of the National Academy of Science (PNAS)*, vol. 108, pp. 2678-2683.
- Meinshausen, M., S.C.B. Raper et T.M.L. Wigley (2011), « Emulating coupled atmosphere-ocean and carbon cycle models with a simpler model, MAGICC6: Part I – Model Description and Calibration », *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 11, pp. 1417-1456.
- OCDE (2016, à paraître), *The international trade consequences of climate change*, COM/TAD/ENV/JWPTE(2015)63.
- OCDE (2015), *The Economic Consequences of Climate Change*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264235410-en>.
- OCDE (2012), *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : Les conséquences de l'inaction*, Éditions OCDE, Paris, [http://dx.doi.org/10.1787/env\\_outlook-2012-fr](http://dx.doi.org/10.1787/env_outlook-2012-fr).
- Van Dingenen, R. et al. (2009), « The global impact of ozone on agricultural crop yields under current and future air quality legislation », *Atmospheric Environment*, vol. 43, n° 3, pp. 604-618.
- Vrontisi, Z. et al. (2016), « Economic impacts of EU clean air policies assessed in a CGE framework », *Environmental Science and Policy*, vol. 55, pp. 54-64.



Extrait de :

## The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264257474-en>

### Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE (2016), « Conséquences de la pollution de l'air extérieur pour la croissance économique », dans *The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264262294-7-fr>

Ce document, ainsi que les données et cartes qu'il peut comprendre, sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région. Des extraits de publications sont susceptibles de faire l'objet d'avertissements supplémentaires, qui sont inclus dans la version complète de la publication, disponible sous le lien fourni à cet effet.

L'utilisation de ce contenu, qu'il soit numérique ou imprimé, est régie par les conditions d'utilisation suivantes :

<http://www.oecd.org/fr/conditionsdutilisation>.